

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001279399
PUBLICATION DATE : 10-10-01

APPLICATION DATE : 30-03-00
APPLICATION NUMBER : 2000094384

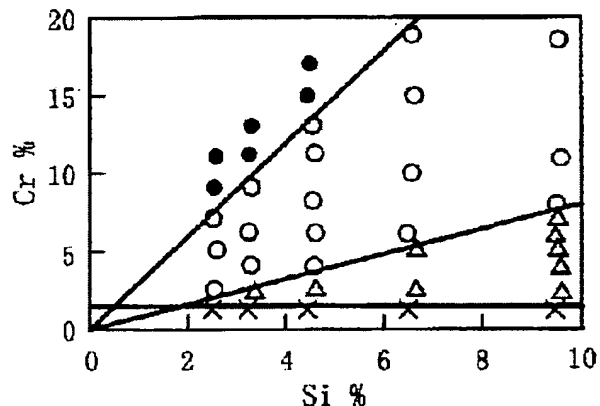
APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : KONO MASAKI;

INT.CL. : C22C 38/00 C22C 38/34 H01F 1/16

TITLE : NONORIENTED SILICON STEEL SHEET EXCELLENT IN HIGH FREQUENCY MAGNETIC PROPERTY AND HAVING SUPERIOR ROLLING MANUFACTURABILITY

×	は圧延不可能(板破断等)
○	は圧延良好で履歴損良好
△	は耳割れ発生(5m当たり1ヶ所以上)
●	は圧延良好だが、履歴損増大



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nonoriented silicon steel sheet for high frequency reactor, having particularly excellent magnetic properties in a frequency region of ≥ 1 kHz.

SOLUTION: This steel sheet has a composition which consists of, by mass, 2.5-10% Si, 1.5-20 mass % Cr and the balance Fe with inevitable impurities and in which the contents of C and N among the inevitable impurities are controlled to ≤ 0.005 mass %, respectively, and also the content of at least either one of Ti and Nb is controlled to ≤ 0.005 mass % is.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-279399

(P2001-279399A)

(43) 公開日 平成13年10月10日 (2001.10.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	特許出願公開番号
C 2 2 C 38/00	3 0 3	C 2 2 C 38/00	3 0 3 U 5 E 0 4 1
38/34		38/34	
H 0 1 F 1/16		H 0 1 F 1/16	A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-94384(P2000-94384)

(22) 出願日 平成12年3月30日 (2000.3.30)

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通 1 丁目 1 番 28 号

(72) 発明者 近藤 修

岡山県倉敷市水島川崎通 1 丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72) 発明者 藤田 明男

岡山県倉敷市水島川崎通 1 丁目 (番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外 2 名)

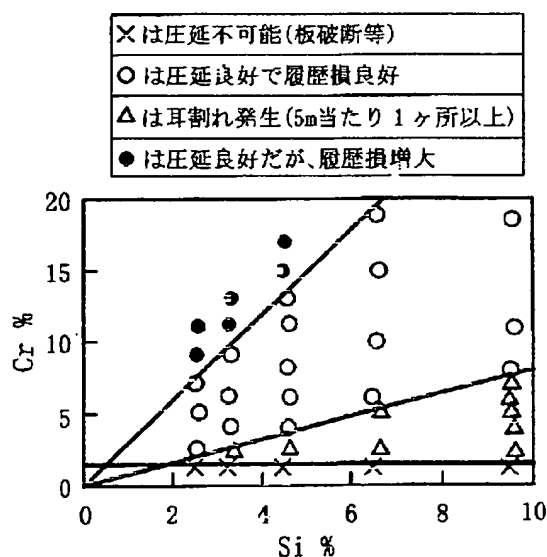
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧延製造性が良好な高周波磁気特性に優れる無方向性電磁鋼板

(57) 【要約】

【課題】 1 kHz 以上の周波数域で特に優れた磁気特性を有する高周波リアクトル用無方向性電磁鋼板を提案する。

【解決手段】 Si が 2.5 ~ 10 mass% 及び Cr が 1.5 ~ 20 mass% を含有し、残部が Fe 及び不可避免の不純物からなり、この不可避免の不純物中の C 及び N をそれぞれ 0.005 mass% 以下に抑制するとともに、Ti 及び Nb のうち少なくとも 1 種を 0.005 mass% 以下に抑制してなる鋼板。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si: 2.5 ~ 10mass% 及び Cr: 1.5 ~ 20mass% を含有し、C 及び N を合計量で 0.01mass% 以下に低減し、残部が Fe 及び不可避の不純物からなり、かつ、Si 含有量 [Si] (mass%) と Cr 含有量 [Cr] (mass%) との関係につき、次式

$$0.8 \times [\text{Si}] \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times [\text{Si}]$$

の関係を満たし、固有抵抗が $60 \mu\Omega\text{cm}$ 以上であることを特徴とする圧延製造性が良好な高周波磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板。

【請求項2】 Si: 2.5 ~ 10mass%、Cr: 1.5 ~ 20mass% 及び Al: 5 mass% 以下を含有し、C 及び N を合計量で 0.01mass% 以下に低減し、残部が Fe 及び不可避の不純物からなり、かつ、Si 含有量 [Si] (mass%)、Cr 含有量 [Cr] (mass%) 及び Al 含有量 [Al] (mass%) との関係につき、次式

$$0.8 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}]) \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}])$$

の関係を満たし、固有抵抗が $60 \mu\Omega\text{cm}$ 以上であることを特徴とする圧延製造性が良好な高周波磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高周波磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板に関し、圧延により当該鋼板を製造する際、良好な圧延加工をすることのできる鋼板を提案しようとするものである。

【0002】

【従来の技術】無方向性電磁鋼板は磁性材料として知られていて、主に商用周波数用の各種鉄心を中心に多用されている。しかし、使用周波数が商用周波数よりも高い場合には、Si 量が 3.5 wt% 以下であるような通常の無方向性電磁鋼板では鉄損が大きくなる不利がある。例えば、近年の電気機器では、高効率化、省電力化のために、インバータ方式を採用する製品が増えてきており、かようなインバータ機器は高周波リアクトルが使用されている。これら高周波リアクトルは、1 kHz 以上、更には 10 kHz 以上の周波数域で使用されることから、従来からの、通常の無方向性電磁鋼板を用いたのでは、発熱が大きくなってしまったために使用することが困難であった。

【0003】高周波鉄損を改善するためには、鋼の固有抵抗を高めることが重要であり、一般には Si や Al の含有量を増す手法がとられていた。しかし、Si、Al の含有量を増すと加工性が劣化し、通常の方法で製造することは困難であった。この製造性を改善する技術としては、高珪素鋼板に関する特開昭 61-166923 号公報に記載された低温強圧下の熱間圧延による方法や、特開昭 62-227078 号公報に記載された Si の拡散浸透処理による方法などがある。しかし、いずれの技術も、高 S

i、Al 鋼が本質的に具備する脆性を改善するものではなく、それによって製造された製品は加工性が極めて悪く、リアクトルコア等に加工するのが困難であった。また、前者の特開昭 61-166923 号公報に開示された技術は、合金としての脆性を見かけ上改善すべく圧延組織の微妙な調整が必要とするものであり、製造過程で厳密な制御を行わなければならないことから、工業的に安定して生産するのは困難である。一方、後者の特開昭 62-227078 号公報に開示された技術では、特殊な拡散浸透法を用いるため、工業的な製造を行う場合にはコストにおいて極めて不利であり、また、その結晶粒は粗大となることから、高周波鉄損には不利である。

【0004】実際、Si の拡散浸透処理による高 Si 材として、6.5 mass% Si を含有させた鋼板が存在し、インバータ用エアコン用のリアクトルコアとして使用されているが、その伸びは 5 % 程度であり、通常の方法では打ち抜き加工や曲げ加工は困難であるため、短冊状に加工された鋼板を積層しリアクトルコアを製造している。通常の方法で曲げ加工や打ち抜き加工が可能であれば、巻きコアや EI コアのような打ち抜き・積層コアを製造でき、その加工費用の低減に寄与するところは大きい。

【0005】また、高 Si 量とせずに鋼の固有抵抗を高めるために Cr を添加する技術が、特開平 11-229095 号公報に記載されている。しかしながら、その Si の含有量は通常の珪素鋼板のその範囲を超えたものではなく、また、電気自動車用モータコア用素材を目的とし、その使用可能周波数域も、従来からの高周波用途の珪素鋼板と同様に 1 kHz 未満の周波数に対応したものであり、1 kHz 以上の高周波に用いられる素材としては十分な高周波磁気特性が得られていなかった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の高周波用鋼板では、固有抵抗を高めるために Si、Al の含有量を高めているが、かかる高 Si、Al 鋼の素材自体が本質的にそなえる脆性により、種々の弊害を伴うことなく製造時に圧延加工を行うのが困難であった。

【0007】そこで、この発明は、上記の点に鑑み、高 Si 鋼の脆性を改善することで製造時の圧延加工性の改善を図り、よって通常の圧延法にて製造可能で、しかも高い固有抵抗と良好な打ち抜き加工性及び曲げ加工性を併せ持つ、高周波用に最適な無方向性電磁鋼板を提案することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】発明者らは、Fe-Si 合金や Fe-Si-Al 合金について、高い固有抵抗と合金の良好な加工性の両立を達成すべく研究開発を行った末に、Cr を共存させることが効果があるとの知見を得、その成果を特開平 11-343544 号公報に開示している。すなわち、これまでは、Fe-Si 合金や Fe-Si-Al 合金において、Cr を添加するほど脆性は劣化すると考えられてき

たが、Siが3 mass%以上の含有量であっても、C及びNの含有量を十分に低減した上で、一定量以上のCrを含有させることにより、むしろ高い靱性が得られることを見出したものである。

【0009】しかしながら、かかるCrを含有させた鋼板であっても、圧延製造時には圧延材の側縁部に耳割れが生じる場合があり、製品歩留りを低下させる要因になっていた。そこで、発明者らは、さらなる研究開発を進め、Crの含有量には、Si量、Al量との関係で、適正な範囲があることを見出し、この発明に至った。

【0010】この発明は上記知見に立脚するものである。すなわち、この発明は、Si:2.5~10mass%及びCr:1.5~20mass%を含有し、C及びNを合計量で0.01mass%以下に低減し、残部がFe及び不可避免的な不純物からなり、かつ、Si含有量[Si] (mass%) とCr含有量[Cr] (mass%) との関係につき、次式

$$0.8 \times [\text{Si}] \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times [\text{Si}]$$

の関係を満たし、固有抵抗が $60 \mu \Omega \text{cm}$ 以上であることを特徴とする圧延製造性が良好な高周波磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板である。

【0011】また、この発明は、Si:2.5~10mass%、Cr:1.5~20mass%及びAl:5 mass%以下を含有し、C及びNを合計量で0.01mass%以下に低減し、残部がFe及び不可避免的な不純物からなり、かつ、Si含有量[Si] (mass%)、Cr含有量[Cr] (mass%) 及びAl含有量[Al] (mass%) との関係につき、次式

$$0.8 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}]) \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}])$$

の関係を満たし、固有抵抗が $60 \mu \Omega \text{cm}$ 以上であることを特徴とする圧延製造性が良好な高周波磁気特性に優れた無方向性電磁鋼板である。

【0012】

【発明の実施の形態】この発明の無方向性電磁鋼板に関し、磁気特性については、CrをSi又はSi及びAlと同時に含有させることにより、固有抵抗の増大に相乗的な効果が表れる。その結果、特に高周波域での鉄損を、SiやAlのみ、ないしは、SiとAlを含有する合金系に比べ格段に低減することができる。

【0013】また、これまでの高固有抵抗の材料は圧延性が悪く、通常の圧延法によっては、0.5mm程度までしか減厚されていなかった。また、単に厚みを減じてもヒステリシス損失のために、十分な鉄損低減ができないとされてきた。しかし、発明者らの鋭意研究の結果、この発明にあるように、不純物成分であるC及びNを十分に低減するとともに、Crを、Si、Alとの間で所定の関係にある範囲で含有させることにより、優れた圧延製造性と優れた高周波鉄損特性とを両立できるのである。

【0014】以下、この発明を詳細に説明する。まず、この発明の無方向性電磁鋼板における成分組成範囲の限定理由について説明する。Siは、単独でも鋼の固有抵抗

を上昇させるが、更に、Crとの相乗効果によって固有抵抗を大幅に上昇させ、特に1kHz以上の周波数域での鉄損を低減するのに有効な成分である。Si量が2.5 mass%未満ではCrやAlを併用しても磁束密度を余り犠牲にせずに $60 \mu \Omega \text{cm}$ 以上の固有抵抗を得るには至らず、このため、良好な高周波磁気特性は得られない。一方、10mass%を超えると、Crを含有させても通常圧延可能なまでの靱性が確保できないので、Siの含有量の範囲は、2.5 mass%以上、10mass%以下、好ましくは、2.5 mass%以上、7 mass%以下、より好ましくは、3.5 mass%以上、5 mass%以下と規定する。

【0015】CrはSi及びAlとの相乗効果によって鋼の固有抵抗を大幅に向上させて、高周波域での鉄損を低減し、更には耐食性を向上させるための基本的な合金成分であり、しかも、3.5 mass%以上のSi含有量の場合、又は3 mass%以上のSi含有量かつ0.5 mass%を超えるAl含有量であっても通常の圧延可能な程度の靱性を得るのに極めて有効であり、その観点からは2 mass%以上を要する。Si量やAl量が上記の場合よりも少ないときには、Cr量を更に減じても加工性は確保できるが、Cr含有による加工性向上効果を発揮させ、かつ、鋼の固有抵抗を $60 \mu \Omega \text{cm}$ 以上とするためには、1.5 mass%以上のCrが必須である。一方、20mass%を超えると靱性向上の効果が飽和するとともに、コスト上昇を招くので、Crの含有量の範囲は、1.5 mass%以上、20mass%以下、好ましくは、2 mass%以上、10mass%以下、より好ましくは、3 mass%以上、7 mass%以下と規定する。なお、Cr含有量はSi量やAl量との関係で所定の範囲にする必要がある。

【0016】C及びNは、高周波用無方向性電磁鋼板の靱性を劣化させるために、できる限り低減するのが好ましく、その許容量はこの発明のCr量、Si量及びAl量の場合には、高靱性を確保するために合計量で100 massppm以下に抑える必要がある。好ましくはC及びNをそれぞれ0.005 mass%以下に抑える。C及びNをそれぞれ0.005 mass%以下に低減させることで、TiやNb等のC固定元素を添加することなしに冷延性を確保でき、しかも、低周波域から高周波域までの磁気特性に優れた鋼板が得られる。より好ましくは、それぞれ0.003 mass%以下である。更に好ましくはそれぞれ0.0015mass%以下がよい。特に圧延性を向上させるためには、Cの低減が効果的であり、特にC量を0.003 mass%以下とすることで、圧延性が格段に向上する。

【0017】Ti及びNbは、Cr鋼の加工性を向上させるのに有効な元素であるが、C、Nを低減させた本発明鋼では、Ti、Nbの加工性向上効果は特別必要とはせず、低〜中周波数域の磁気特性の点から低減させた方が好ましく、それぞれ0.005 mass%以下とすることは好ましい。C、N、Ti及びNb以外の不純物量は特に限定されないが、一般の珪素鋼と同様に、磁気特性及び加工性を良好に保つためには、以下の範囲に制限することが重要であ

る。Sは0.005 mass%以下、好ましくは0.002 mass%以下、より好ましくは0.001 mass%以下がよい。Oは0.005 mass%以下、好ましくは0.003 mass%以下、より好ましくは0.0015 mass%以下がよい。Vは0.005 %以下、好ましくは0.002 mass%以下、より好ましくは0.0015 mass%以下がよい。その他、La、Mg等も極力低減させることが好ましい。

【0018】Al: 5 mass%以下

Alは、Siと同様にCrとの相乗効果によって鋼の固有抵抗を大幅に向上させ、高周波域での鉄損を低減するのに有効な成分であるので、この発明では、必要に応じてAlを含有させることができる。しかし、Al量が5 mass%を超えると、コスト上昇を招くうえに、この発明のようにSiを2.5 mass%以上含有する鋼では、Crを多量に含有させても通常の圧延が可能なまでの靱性が確保できないので、Alの含有量は5 mass%以下とする。Alの下限は特に限定する必要がないが、脱酸や結晶粒成長性の改善のために0.005 ~ 0.3 mass%程度を含有させることがある。更に、Alを積極的に固有抵抗の増大のために活用するときは、この発明のようにSiが2.5 mass%以上含有されている鋼ではAlが0.5 mass%未満では固有抵抗を更に上昇させるに十分な効果が得られない。したがって、好ましくはAlの含有量は0.05 mass%以上、5 mass%以下、より好ましくは0.5 mass%以上、3 mass%以下である。

【0019】この発明においては、Si含有量[Si] (mass%) とCr含有量[Cr] (mass%) との関係又はSi含有量[Si] (mass%)、Cr含有量[Cr] (mass%) 及びAl含有量[Al] (mass%) との関係につきにつき、次式

$$0.8 \times [\text{Si}] \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times [\text{Si}]$$

$$0.8 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}]) \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}])$$

の関係を満たすことが肝要である。Crを含有させれば含Si鋼、含Al鋼の加工性を向上させることができるが、Crを含有させた鋼板であっても、圧延製造時には圧延材の側縁部に耳割れが生じる場合があり、CrをSi量に比べて過剰に添加すると、ヒステリシス損が増大し、却って高周波磁気特性の劣化を招くおそれがある。したがって、Cr量は、Si量やAl量に対する適切な量で含有させることが必要であり、 $0.8 \times [\text{Si}] \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times [\text{Si}]$ あるいは、 $0.8 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}]) \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}])$ を満足させることで、圧延製造性と高周波鉄損特性とを高度に両立させることができる。

【0020】図1及び図2に、Cr量、Si量及びAl量を種々に変化した鋼について、圧延製造性及び高周波磁気特性を調べた結果を示す。図1は、Alを固有抵抗向上成分として含有させていない鋼に関するものであり、図2は、Alを含有させた鋼に関するものである。この図1、図2より、上述した式を満足させる範囲にある場合、特に圧延製造性と高周波鉄損特性とに優れていることが分かる。

【0021】この発明の鋼では、優れた高周波鉄損を達成するには固有抵抗を高めることが必要であることから、 $60 \mu\Omega\text{cm}$ 以上とする。 $60 \mu\Omega\text{cm}$ より固有抵抗が低いと、板厚をいかに薄くしても所望の高周波鉄損は得られないため、この発明では固有抵抗は $60 \mu\Omega\text{cm}$ 以上とするのが好ましい。

【0022】この発明の成分の鋼板においては、板厚を減じれば高周波鉄損特性改善の効果を促進するが、この減厚の効果を格段に得るためには、板厚を0.4 mm以下とすることが有効である。ただし、0.01mmより薄くするには、製造コストが高くなるばかりか、その鋼板の取扱いに格段の注意が必要で、製品製造のコストも高くなるために、板厚の範囲を0.01mm以上、0.4 mm以下とするのが好ましい。更に好ましくは、0.02~0.25mmである。

【0023】この発明の無方向性電磁鋼板は、以下の方法により製造することができる。前述した成分組成範囲に調整された素材を、連続鋳造又は造塊一分塊圧延によりスラブとし、又は、薄スラブ連続鋳造法を用いて、厚みの薄いスラブを製造する。得られたスラブは、加熱保持後に熱間圧延に供するか、また、CC-DR 法やHCR 法のように、連続鋳造時の顕熱を保持したまま加熱することなく熱間圧延に供することもできる。

【0024】その後の熱間圧延は、極力薄く圧延することによって、次工程の冷間圧延ないしは温間圧延における加工性、すなわち圧延性を良好にすることができる。そのための熱延板の厚みは3 mm以下、好ましくは2.5 mm以下、より好ましくは2.0 mm以下とする。

【0025】熱間圧延後は、必要に応じて熱延板焼鈍を行う。熱延板焼鈍を行うことにより、圧延された素材の集合組織が改善され、鉄損特性の向上に有利に作用する。この熱延板焼鈍条件は、例えば、温度700 ~ 1100 °C、時間1 秒~2 時間で行う。

【0026】熱間圧延後又は必要に応じて行った熱延板焼鈍後は、酸洗もしくはショットブラスト等により熱延スケールを除去した後に、冷間圧延や温間圧延を行う。この素材成分と純度の調整により熱延板の靱性が改善されているため、更に温間や冷間で圧延して0.4 mm以下の厚みの薄板とすることができる。また、この発明の鋼は、Cr量を、Si量やAl量との関係で所定の範囲になるように調整しているので、冷間圧延や温間圧延時に耳割れ等の不良を発生することがない。

【0027】以上のような冷間圧延や温間圧延は、1回の圧延又は途中焼鈍を含む2回以上の圧延により行う。途中焼鈍を行うことは、圧延材の集合組織の改善を通じて磁気特性の向上に有利に作用する。また、この冷間圧延や温間圧延の作業性を改善することができる。途中焼鈍の条件は、例えば、温度600 ~ 1100°Cで時間1 秒~10 分の範囲とする。ここで、温間圧延は、コストの面からできるだけ低い温度とすることが好ましく、300 °C程度以下の温度とすることが望ましい。

【0028】冷間圧延、温間圧延の後、仕上げ焼鈍を施し、更に絶縁被膜を被成して製品とする。これらの仕上げ焼鈍の条件、絶縁被膜の被成条件に関しては、通常の電磁鋼板や電磁ステンレス鋼板で常用される方法と同様にすればよい。さらに素材成分を調整すること及び又は仕上げ焼鈍の温度条件を制御することにより、平均結晶粒径を100 μm 以下にすることができる。

【0029】

【実施例】表1に示す成分組成を含み、残部がFe及び不可避免的不純物からなる鋼を溶製し、連続鋳造によりスラブとし、鋳造完了後は保温措置をとり12時間以内に熱延前の加熱のため、加熱炉へ挿入し、熱間圧延により板厚2.0 mmの熱延板とした。これら熱延板のスケールを除去

した後に、板厚0.35mmまで冷間圧延を行い、温度800 $^{\circ}\text{C}$ で10秒間の中間焼鈍を水素・窒素混合雰囲気中で行った。これら鋼板を更に冷間圧延によって厚さ0.1mmとし、820 $^{\circ}\text{C}$ で10秒間の最終焼鈍を水素・窒素混合雰囲気中に行い、絶縁被膜を付与した。得られた製品をエプスタイン試料に切り出し、JIS C 2550 (1975年) に準じて磁性を測定した結果を、圧延時の圧延性と共に表2に示す。なお、圧延性は、良好なものを◎印、5m当たり1カ所以上の耳割れ等が発生したものを△印、板が破断して圧延不能だったものを×印とした。

【0030】

【表1】

記号	成分 (mass%)					$\text{Cr} \div (\text{Si} + 0.7\text{Al})$	備考
	Si	Cr	Al	C	N		
A	2.10	3.50	0.02	0.0043	0.0036	1.66	比較例
B	2.54	5.34	0.01	0.0032	0.0029	2.10	実施例
C	3.52	5.52	0.02	0.0027	0.0032	1.56	実施例
D	4.51	3.50	0.03	0.0027	0.0025	0.77	比較例
E	4.53	4.05	0.01	0.0034	0.0023	0.89	実施例
F	4.40	6.80	0.01	0.0033	0.0028	1.51	実施例
G	4.55	14.20	0.01	0.0042	0.0039	3.12	比較例
H	4.28	4.12	0.72	0.0021	0.0019	0.86	実施例
I	5.89	5.12	0.05	0.0019	0.0021	0.86	実施例

【0031】

【表2】

No.	溶鋼記号	固有抵抗 ($\mu\Omega\text{cm}$)	$W_{1.18500}$ (H/kg)	B_{50} (T)	圧延製造性	備考
1	A	55	15.4	1.68	◎	比較例
2	B	67	11.3	1.62	◎	実施例
3	C	79	9.8	1.58	◎	実施例
4	D	83	8.2	1.56	△	比較例
5	E	85	7.8	1.55	◎	実施例
6	F	94	7.3	1.53	◎	実施例
7	G	108	8.1	1.47	◎	比較例
8	H	91	6.8	1.53	◎	実施例
9	I	103	6.2	1.52	◎	実施例

【0032】表2に示す結果から、Cr量がSi量及びAl量との関係で、 $0.8 \times [\text{Si}] \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \times [\text{Si}]$ あるいは、 $0.8 \div ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}]) \leq [\text{Cr}] \leq 3.0 \div ([\text{Si}] + 0.7 \times [\text{Al}])$ を満足する例は、優れた高周波磁気特性と圧延製造性を兼備していることが分かる。

【0033】

【発明の効果】以上のごとく、この発明の無方向性電磁

鋼板は、優れた高周波磁気特性と圧延製造性とを併せ持ち、優れた製品を容易に安定して製造することができるのでその工業的価値は大である。

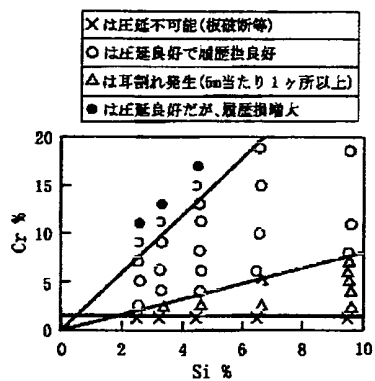
【図面の簡単な説明】

【図1】 Cr量とSi量との関係が圧延製造性に及ぼす影響を示す図である。

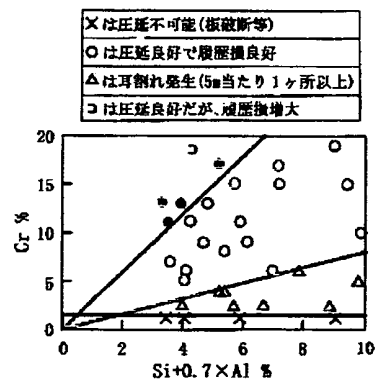
【図2】 Cr量とSi量とAl量との関係が圧延製造性に及ぼ

す影響を示す図である。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 小森 ゆか
岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72)発明者 佐志 一道
岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

(72)発明者 河野 正樹
岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所内

Fターム(参考) 5E041 AA02 AA19 CA02 NN01 NN15